

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-017484

(43)Date of publication of application : 20.01.1989

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 62-172893

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 13.07.1987

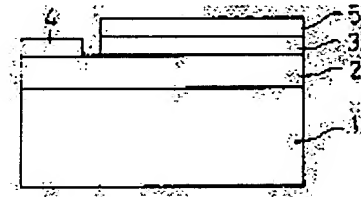
(72)Inventor : TANAKA HIDENAO
MATSUOKA TAKASHI
OE KUNISHIGE

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To increase a current injection amount and to enhance light emitting efficiency by using a heterojunction of a preferable group III nitride as a light emitting unit, i.e., a light emitting layer and a current injection layer.

CONSTITUTION: An $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.21}\text{In}_{0.59}$ N-type current injection layer (clad layer) 2 of $53\mu\text{m}$, a $\text{Ga}_{0.43}\text{In}_{0.57}$ N-type light emitting layer 3 of $0.5\mu\text{m}$, a current injection layer and Au electrodes 4, 5 for the light emitting layer are provided on a sapphire substrate 1. The current injection layer is formed of an N-type low resistance, and the light emitting layer is doped with Zn as a high resistance. When a voltage is applied with the electrode 5 as a positive side, carrier is injected to a GaInN light emitting layer, thereby emitting a blue color of approx. 4800nm . Carrier flows also to an AlGaInN current injection 2, but band gap difference is approx. 0.4eV , reactive current is reduced by the effect of band discontinuity, thin to $0.5\mu\text{m}$, and a light is emitted in high efficiency of 1% of external quantum efficiency even with the low resistance light emitting layer as compared with a conventional one.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-17484

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和64年(1989)1月20日

H 01 L 33/00

A-7733-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 半導体発光素子

⑯ 特 願 昭62-172893

⑰ 出 願 昭62(1987)7月13日

⑱ 発 明 者 田 中 秀 尚 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 松 岡 隆 志 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑳ 発 明 者 尾 江 邦 重 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 高山 敏夫 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体発光素子

2. 特許請求の範囲

(1) $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$) 発光層と、これに格子整合条件で接し、発光層よりバンドギャップの大きい $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ ($x'+y'+z'=1$, $x'>x$, $z'>0$) からなる電流注入層とを有することを特徴とする半導体発光素子。

(2) $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、ウルツ鉱型 ZnO 単結晶基板に格子整合した構造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

(3) $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、金型型 CaO , HfO , CdO 単結晶基板に格子整合した構造を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

(4) $Al_xGa_yIn_zN$ および $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ 層として、六方晶密充型 Zr , Hf およびその合金の金属単結晶基板に格子整合した構造を有することを特徴と

する特許請求の範囲第1項記載の半導体発光素子。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、化合物半導体発光素子に関するものであり、更に詳述するならば、可視光短波長(青色)から紫外で発光する半導体発光素子に関するものである。

(従来技術及び発明が解決しようとする問題点)

可視光短波長の半導体発光素子として、発光効率の高いものは従来 GaN を用いて形成されている。第3図にその基本構造を示す。1は Al_2O_3 基板で n 型 GaN 層(電流注入層)2と、 Zn フープ高抵抗 GaN 層3を有し、電極4, 5からキャリアを注入して、高抵抗層内で再結合、発光させる。本素子で発光強度を上げるには素子抵抗を下げ、注入電流密度を上げねばならない。しかしこの構造で素子抵抗を下げるには高抵抗層を薄くする必要がある。しかるに、高抵抗層を薄くすると、発光に寄与せず n 型 GaN 層へ流れる無効電流が増加し、発光効率(外部量子効率)が下がってしまう。また n 型

GaN とZnドーパ高抵抗GaAsとは屈折率の差が殆んど無いので、後述する本発明のごとくクラッド層として導波構造をなすことができなかった。

このためこの構造の素子では、オオキらは1981年の「GaAs及び関連化合物国際会議で述べているように (Y. Ohki, Y. Toyoda, E. Kobayashi and I. Atsushi, Int. Symp. GaAs and Related Compounds, Japan (1981) pp.479)、外部量子効率が0.12%までのものしか得られていず、発光強度を十分上げることができない欠点を持っている。(発明の目的)

本発明は上記の欠点を改善するために提案されたもので、その目的は、電流注入量が多くとれ、かつ発光効率の高い、可視光短波長を発光する半導体発光素子を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

上記の目的を達成するために、本発明は、 $Al_xGa_yIn_zN$ ($x+y+z=1$) 発光層と、これに格子整合条件で接し、発光層よりバンドギャップの大きい $Al_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N$ ($x'+y'+z'=1$ $x'>$

x $z'>0$) からなる電流注入層とを有することを特徴とする半導体発光素子を開発の要旨とするものである。

しかし本発明の特徴とする点は、半導体レーザにおいて、発光部は発光層と電流注入層より構成され、両者はいずれもIII族窒化物より形成され、互いに格子整合が良好であり、かつバンドギャップが不連続であり、すなわち発光層のバンドギャップが、電流注入層のバンドギャップより小であることにある。このバンドギャップの不連続により注入されたキャリアの発光層からの外への流れが妨げられ、かつ発光層と電流注入層との屈折率の差により、発生した光が発光層内に閉じ込められるものである。

III族元素 (Ga, Al, In) 窒化物は、すべてウルツ鉱型結晶構造をしており、かつ直接遷移型のバンド構造を持っている。

第4図に (001) 面上の格子定数とバンドギャップの関係を示す。この図からわかるように、InとGa又はAlを含む三元混晶および四元混晶等を

用いることで格子整合条件でバンドギャップの異なる材料の層構造を形成でき、良質なヘテロ接合構造を得ることが可能である。

基板としては、従来のGaNの発光素子と同様に Al_2O_3 (サファイア) を用いることができるが、ウルツ鉱型の結晶構造を持つZnO基板を用いると、第4図の破線で示したような $AlGaInN$ を基板を含めて格子整合条件で形成することができ、特に良質のヘテロ接合構造が得られる。また、食塩型 CaO , BaO , CdO 単結晶の (111) 面や六方最密充填型Zr, Hf金属単結晶の上にも格子整合条件で $AlGaInN$ を形成することができる。

このような半導体ヘテロ接合では、エネルギーギャップの違いにより必然的にバンドギャップ不連続を生じている。このバンドギャップ不連続は、バンドギャップの小さい半導体からのキャリアの流れに対してバリアの働きをする。

本発明は、上述のIII族窒化物の良好なヘテロ接合を発光部すなわち発光層と電流注入層に用いることを特徴としており、従来の発光層と電流注入

層が単一材料の発光素子と異なり、バンドギャップ不連続により、注入されたキャリアの発光層から外への流れが妨げられることにより、発光層内で発光再結合するキャリアが増加することを物理的根拠としている。

次に本発明の実施例について説明する。なお、実施例は一つの例示であって、本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の変更あるいは改良を行うことは言うまでもない。

(実施例1)

第1図は本発明の半導体発光素子の第1の実施例を説明する図であり、発光素子の断面を示したものである。サファイア基板1の上に5nm $Al_{0.99}Ga_{0.01}In_{0.01}N$ 電流注入層 (クラッド層) 2と、0.5nmの $Ca_{0.99}Al_{0.01}In_{0.01}N$ 発光層3と、電流注入層および発光層に対する40電極4, 5とを有している。電流注入層はn型で低抵抗であり、発光層はZnをドーパし高抵抗にしてある。電極5を正の側として電圧を加えると、 $CaInN$ 発光層にキャリアが注入され約4800nmの青色で発光する。キャリア

はAlGaInN電流注入層2へも流れるが、バンドギャップ量が約0.4 eVあり、バンド不連続の効果により無効電流が少なくなり、0.5 μ mと固く、従来に比べ低抵抗の発光層でも外部量子効率1%と高効率で発光した。

なお、発光層と電流注入層に本発明で開示した異種材質の組合せを用いると、電流注入層の屈折率が発光層の屈折率に比べて低くなり、いわゆるクラッド層として作用し、光を閉じ込める導波構造を実現できるので、発光効率を高めることができる。

(実施例2)

第2図は本発明の第2の実施例を説明する図である。図において、ZnO基板1の上に2 μ m Al_{0.35}Ga_{0.55}In_{0.1}N第1の電流注入層(第1のクラッド層)2と、0.3 μ mのGa_{0.35}In_{0.65}N発光層3、さらに0.1 μ mのAl_{0.35}Ga_{0.55}In_{0.1}N第2の電流注入層(第2のクラッド層)2aと両電流注入層2および2aに対する電極4、5を有している。電極5を正の側として電圧を加えると、強い電流注入

層2aを通してキャリアが発光層3に注入される。この実施例の構造では、発光層の両側にバンド不連続があり、キャリアのもどりも少なくすることができている。素子の抵抗はほとんど高抵抗電流注入層2aで決まっているが、0.1 μ mと固いため、従来の1/10近くになっている。本素子では発光した光は、クラッド層として作用する電流注入層にはさまれて導波され、主に層に平行な方向へ放出される。発光波長は4000Åの紫色であり、外部量子効率は3%が得られた。

これらの結果から明らかなように、従来の発光素子に比べ発光効率の著しい改善が得られた。

(発明の効果)

仮上のように本発明によれば、Al_xGa_yIn_zN (X+Y+Z=1) 発光層と、これに格子整合条件で接し、発光層よりバンドギャップの大きいAl_{x'}Ga_{y'}In_{z'}N (X'+Y'+Z'=1 X'>X Z'>0) となる電流注入層とを有することにより、電流注入層が多くとれ、かつ発光効率の高い、可視光短波長を発光する半導体発光素子を得ることができる。

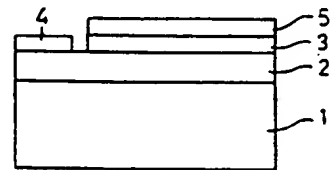
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体発光素子の第1の実施例の構造の概略を示し、第2図は本発明の第2の実施例の構造、第3図は従来技術の発光素子の構造、第4図はIII族元素(Al, Ga, In)窒化物の(001)面上の格子定数とバンドギャップエネルギーの関係を示したものである。

- 1.....基板
- 2, 2a.....電流注入層
- 3.....発光層
- 4, 5.....電極層

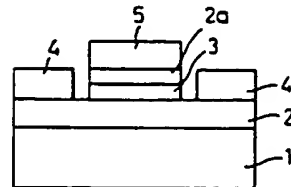
特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 井理士 高山 敏夫(外1名)

第1図



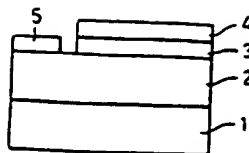
- 1... Al₂O₃ (サファイア)
- 2... Al_{0.35}Ga_{0.55}In_{0.1}N基板電流注入層(クラッド層)
- 3... Ga_{0.35}In_{0.65}N発光層
- 4, 5... Au電極層

第2図



- 1... ZnO基板
- 2... Al_{0.35}Ga_{0.55}In_{0.1}N電流注入層(第1のクラッド層)
- 2a... Al_{0.35}Ga_{0.55}In_{0.1}N電流注入層(第2のクラッド層)
- 3... Ga_{0.35}In_{0.65}N発光層
- 4, 5... Au電極層

第 3 図



- 1- Al_2O_3 基膜
- 2-n型 GaN層(電波透過層)
- 3-ZnF₂誘電体GaN(遮光層)
- 4,5-Au電極

第 4 図

